Travaux publics Canada
Public Works Canada

Bureau des programmes solaires
Solar Programs Office

Travaux publics Canada
Bureau des programmes solaires

# MANUEL DU COURS DE CONCEPTION DES SYSTÈMES SOLAIRES

## PARTIE III: SUJETS SPÉCIALISÉS (Aspects pratiques)

Juin 1983

---

Renseignements:

R. Culham
Transfert technologique
Bureau des programmes solaires
Immeuble Sir Charles Tupper
Confederation Heights
Ottawa K1A 0M2

(613) 998-3641

---

Le présent document n'est pas une publication ministérielle. Ne pas le mentionner en tant que référence ou catalogue en bibliothèque.

Ce cours a été préparé par

Buchan, Lawton, Parent Ltd.

Ottawa (Ontario)

N$^{O}$ de contrat: 330-422-6

pour le Bureau des programmes solaires

de Travaux publics Canada

TABLE DES MATIÈRES


1. Évaluation des possibilités d'application de systèmes à énergie solaire 1

A. Évaluation de la charge 2

B. Interface avec l'immeuble 6

1. Espace requis pour les capteurs, échangeurs thermiques, unité de stockage, etc. 6

2. Considérations relative à la structure pour les capteurs montés sur un toit 11

C. Entretien 16

2. Conception pratique 18

A. Évaluation de la charge 18

B. Types de systèmes 21

C. Installation des capteurs 25

1. Types d'installation 25

2. Pente des tuyaux 37

D. Systèmes à air 38

1. Aspects pratiques de l'étanchéité des capteurs, des conduits et des registres 38

E. Choix des composantes - Systèmes à liquide 41

1. Échangeurs de chaleur 41

2. Tuyauterie 45

3. Types de tuyaux 49

4. Interconnexion de capteurs 54

5. Pénétration dans l'enveloppe d'un immeuble 58

6. Tuyaux souterrains 60

7. Besoins d'isolation 64

8. Pompes 72

F. Méthodes et compromis techniques concernant les systèmes de commande 72

G. Exigences relatives à la mise en service 80

H. Contrôle opérationnel 87

ANNEXE A 95

## 1. ÉVALUATION DES POSSIBILITÉS D'APPLICATIONS DE SYSTÈMES À ÉNERGIE SOLAIRE

Une bonne part du succès d'un système de chauffage solaire repose sur l'étude de faisabilité initiale. L'étude de faisabilité d'un projet de système solaire doit porter sur un certain nombre d'éléments. Il faut notamment trouver réponse aux questions suivantes:

- La charge considérée constitue-t-elle une bonne application d'un système de chauffage solaire?

- Le système de chauffage solaire peut-il être intégré facilement et de façon rentable aux systèmes existants?

- Dispose-t-on de l'espace nécessaire pour les capteurs, les échangeurs thermiques, l'unité de stockage de chaleur et les autres éléments du système?

- La structure du toit peut-elle supporter les capteurs sans qu'on ait à lui apporter des modifications importantes?

- Peut-on installer la tuyauterie de façon à avoir la pente requise, particulièrement dans le cas des systèmes à vidange temporaire?

- Une fois le système installé, disposera-t-on d'un personnel suffisamment qualifié pour faire fonctionner et réparer le système?

Une réponse négative à l'une de ces questions peut indiquer que la charge considérée ne convient pas bien à l'application d'un système de chauffage solaire.

## 1.A ÉVALUATION DE LA CHARGE

A l'heure actuelle, la production d'eau chaude domestique ou industrielle est de loin le secteur auquel on consacre le plus d'efforts dans le domaine des systèmes actifs de chauffage solaire. Les systèmes sont de dimensions très variées: ils peuvent être des installations extrêmement importantes, comme le Mohawk Hospital Services System construit dans le cadre de l'Ontario Demonstration Programme et comprenant au-delà de deux milles mètres carrés de capteurs, ou être de petits systèmes préfabriqués comprenant environ quatre mètres carrés de capteurs.

L'un des éléments le plus souvent négligé à la phase d'étude de faisabilité d'un projet de système solaire est l'évaluation précise de la charge totale et particulièrement des profils de charge. De nombreux systèmes ont été soigneusement conçus à partir d'évaluations de profils de charge totalement erronées. Souvent, étant donné que les détails relatifs aux profils de charge n'étaient pas nécessaires au fonctionnement des systèmes énergétiques existants, le propriétaire ou l'exploitant du système était très peu renseigné à leur sujet. On a appris par expérience, et cela a coûté très cher, qu'il faut préparer un bon profil de charge avant de concevoir un système de chauffage solaire.

A ce stade, il est aussi important de se demander si le profil de charge d'une installation existante peut être modifié pour être plus compatible avec l'énergie solaire disponible sans que le fonctionnement de l'installation en souffre. Les changements envisagés, lorsqu'ils sont acceptables, doivent être établis dès le début, et les considérations adéquates relatives à la conception du système solaire doivent être formulées.

Les autres modifications prévues dans le fonctionnement de l'installation doivent aussi être évaluées lors de

l'étude de faisabilité. Par exemple, l'addition d'équipement de récupération de la chaleur à une installation existante aura des conséquences importantes sur le fonctionnement d'un système de chauffage solaire. Dans certains cas, elle exclura l'utilisation du chauffage solaire et dans d'autres, elle entraînera un changement radical de la conception requise. Dans l'évaluation de la charge, il faut tenir compte des critères suivants:

- La charge doit être importante

- La charge doit être continue ou être maximale lorsque l'énergie solaire est disponible

- La charge doit être concentrée en un point central

- Il faut pouvoir répondre à la charge en utilisant de l'énergie à basse température

Il faut aussi tenir compte des effets produits sur la charge lorsque des mesures d'économie d'énergie sont appliquées. Pour dimensionner le système solaire en fonction de la charge requise, il faut comparer les besoins en énergie sur une base quotidienne et sur une base

saisonnière. Lorsqu'on adapte la charge à l'énergie solaire disponible, on peut modifier certains paramètres:

- moment d'utilisation de la charge

- superficie des capteurs

- utilisation d'une unité de stockage.

Le moment de la journée auquel la charge doit être utilisée est l'un des paramètres les plus importants. Lorsqu'il est possible de le modifier, on peut éventuellement limiter ou éliminer le stockage et rendre le système solaire beaucoup plus rentable.

Les programmes F-Charts et Watsun peuvent aider à décider s'il y a lieu de stocker de l'énergie additionnelle.

Pour les besoins de chauffage des locaux, les charges de pointe sont pendant la nuit et le rayonnement solaire est disponible pendant le jour. Dans ce cas, il faut nécessairement stocker la chaleur.

Voici certaines contraintes, autres que la charge, dont il faut tenir compte lorsqu'on détermine les dimensions d'un système:

- Dans le cas des systèmes ajoutés après coup, la surface d'installation disponible est souvent limitée.

- Les méthodes et les coûts d'addition du système aux systèmes mécaniques existants peuvent limiter la faisabilité et les dimensions du système.

## 1.B INTERFACE AVEC L'IMMEUBLE

### 1.B.1 Espace requis pour les capteurs, échangeurs thermiques, unité de stockage, etc.

Les capteurs solaires peuvent être installés sur le toit, au sol ou, dans certains cas, contre le mur. Dans tous les cas, les critères de base sont les mêmes.

- La capacité de support doit être suffisante.

- L'ombre doit être aussi réduite que possible.

- Une bonne protection contre le vandalisme doit être assurée.

- Les sources de saleté éventuelles doivent être le moins nombreuses possible.

Dans la prochaine section, nous étudierons en détail les considérations relatives à la structure pour les capteurs installés sur le toit. Toutefois, même pour les capteurs installés au sol, il faut dès le début tenir compte de façon particulière des besoins concernant les fondations.

Dans le cas de capteurs installés au sol, il faut tenir compte du risque de soulèvement différentiel par le gel, car ce phénomème a des effets sur l'inclinaison des tuyaux. Particulièrement dans les systèmes à vidange temporaire, où l'inclinaison des tuyaux est très importante, un faible soulèvement différentiel par le gel peut avoir des effets désastreux.

L'ombre produite par les structures importantes, par exemple les immeubles adjacents ou les grands arbres, est facile à évaluer et est évidente. Cependant, des petits éléments comme les chatières et les cheminées peuvent produire une

ombre sur un ou deux capteurs et causer des problèmes de fonctionnement du système.

Il est aussi important de tenir compte des éléments susceptibles de faire obstacle ultérieurement au passage de la lumière solaire, par exemple les nouveaux immeubles, lorsqu'on évalue un emplacement.

Les capteurs solaires ont rarement fait l'objet de vandalisme, mais dans certaines situations, des dommages importants peuvent être causés.

On peut habituellement réduire les problèmes de vandalisme en choisissant bien l'emplacement des capteurs.

- Ne pas installer de capteurs dans les cours d'école ou autres endroits où les enfants jouent;

- Dans les endroits publics, installer les capteurs loin des bords de toit;

- S'assurer que les personnes non autorisées n'ont pas facilement accès au toit.

Dans le cas de systèmes solaires conçus pour des applications industrielles, on néglige souvent les sources de saleté susceptible de couvrir des capteurs et de réduire ainsi considérablement leur rendement.

Les sources de saleté les plus courantes sont les orifices de combustion et les bouches d'aération des séchoirs industriels.

La pluie élimine la plus grande partie de la saleté accumulée à la surface des capteurs, mais elle n'enlève pas les accumulations importantes de suie et de charpie. Par conséquent, il faut souvent nettoyer les capteurs, ce qui demande beaucoup de temps.

Qu'un système solaire soit gros ou petit, il est absolument nécessaire de disposer d'un espace suffisant pour les composantes. De nombreux systèmes ont été installés sans qu'on tienne suffisamment compte de l'entretien futur des composantes.

Il existe par exemple des systèmes montés de telle façon qu'on a difficilement accès à des éléments dont il faut prendre soin assez régulièrement, tels les pompes et les

éléments chauffants. On a installé des systèmes de chauffage solaire préfabriqués qu'il faut démonter presque entièrement lorsqu'on veut avoir accès à l'élément chauffant dans un chauffe-eau domestique électrique. Même lorsqu'on a assez d'espace, il faut disposer les composants en vue de simplifier l'entretien. Dans un système, le robinet de remplissage, auquel on doit avoir accès assez souvent, avait été placé au niveau du plafond.

En général, choisir un emplacement pour le réservoir de stockage solaire est l'une des décisions les plus faciles à prendre. Le réservoir est habituellement placé dans le local mécanique existant, à proximité des principaux éléments de service (circuits électriques, conduits de gaz et, évidemment, conduits d'eau). Quelques règles empiriques s'appliquent, et on devrait les suivre lorsqu'on détermine l'emplacement des réservoirs de stockage:

1. Placer le réservoir de stockage le plus près possible du chauffe-eau existant. On réduira ainsi le travail et le matériel requis pour relier le système solaire aux éléments de plomberie pour l'eau chaude et au chauffe-eau existant lorsque ce dernier doit continuer d'être utilisé comme chauffe-eau auxiliaire. On réduira aussi

les pertes thermiques causées par des tuyaux longs.

2. Le réservoir de stockage solaire doit être facile d'accès et il ne doit pas gêner l'accès aux autres composants. Il ne doit pas bloquer les passages ou les entrées de porte; il ne doit pas non plus être placé de façon à créer un danger.

3. De nombreux systèmes solaires doivent être raccordés à des drains de plancher au cas où il y aurait débordement. La position de ces drains et les moyens d'y avoir accès doivent être déterminés lors de l'évaluation de l'emplacement.

On doit disposer d'un espace suffisant pour les pompes, les échangeurs de chaleur et une variété de dispositifs de régulation de débit des fluides, dont certains sont gros, par exemple les réservoirs d'expansion.

1.B.2 Considérations relatives à la structure pour les capteurs montés sur un toit

Lorsqu'on détermine l'endroit où seront montés les capteurs solaires sur un toit, il faut faire une évaluation détaillée

en règle générale, qu'une hauteur libre d'au moins un mètre entre le toit et le bas des capteurs soit requise.

Il est important d'évaluer l'état du toit avant d'installer les capteurs solaires. Si le toit était en mauvais état avant l'installation des capteurs, l'entrepreneur peut être blâmé à tort d'avoir endommagé le toit en installant les capteurs. De plus, les réparations seront beaucoup plus difficiles à effectuer une fois que les capteurs seront installés.

Etant donné que l'eau peut s'infiltrer par les ouvertures pratiquées dans le toit et endommager l'immeuble, il faut vérifier si:

- Il faudra réparer le toit ou en refaire le revêtement dans un proche avenir. Dans l'affirmative, il est beaucoup plus facile d'effectuer les travaux avant l'installation des capteurs.

- Le toit laisse l'eau s'écouler adéquatement; il est difficile de boucher de façon étanche les ouvertures pratiquées dans le toit lorsque celles-ci sont continuellement submergées.

La plupart des systèmes solaires sont installés sur les toits d'anciens plutôt que de nouveaux immeubles. Il faut évaluer l'état du doit aussi bien du point de vue de sa structure que de son étanchéité.

Lorsqu'on évalue la capacité structurale du toit, on fait une inspection et on effectue des calculs propres à la technique de la construction. Dans les structures en acier dont on ne connaît pas la résistance, on peut soumettre l'acier à des essais au lieu d'utiliser les estimations prudentes de résistance données dans les codes. Cette façon de procéder permet d'appliquer des charges de toit plus élevées et peut réduire la charpenterie requise. Il peut à l'occasion être préférable de consulter l'entrepreneur en construction qui a conçu l'immeuble.

Il faut évaluer les rafales de vent locales et les accumulations de neige causées par les immeubles voisins ou la topographie et s'assurer qu'elles ne sont pas excessives.

Il importe aussi de tenir compte de la formation éventuelle de congères sur le toit par suite de l'installation des capteurs. On étudie présentement ce problème. Il semble,

en règle générale, qu'une hauteur libre d'au moins un mètre entre le toit et le bas des capteurs soit requise.

Il est important d'évaluer l'état du toit avant d'installer les capteurs solaires. Si le toit était en mauvais état avant l'installation des capteurs, l'entrepreneur peut être blâmé à tort d'avoir endommagé le toit en installant les capteurs. De plus, les réparations seront beaucoup plus difficiles à effectuer une fois que les capteurs seront installés.

Etant donné que l'eau peut s'infiltrer par les ouvertures pratiquées dans le toit et endommager l'immeuble, il faut vérifier si:

- Il faudra réparer le toit ou en refaire le revêtement dans un proche avenir. Dans l'affirmative, il est beaucoup plus facile d'effectuer les travaux avant l'installation des capteurs.

- Le toit laisse l'eau s'écouler adéquatement; il est difficile de boucher de façon étanche les ouvertures pratiquées dans le toit lorsque celles-ci sont continuellement submergées.

- Les ouvertures pour le passage des tuyaux peuvent être pratiquées à n'importe quel endroit ou si elles peuvent être pratiquées seulement dans des zones précises.

## 1.C ENTRETIEN

Lorsqu'on envisage l'installation d'un système solaire pour une application particulière, il est important de tenir compte de la d'sponibilité du personnel d'exploitation. Cette question prend une importance particulière lorsque le système solaire sera le système le plus complexe de l'immeuble ou qu'il sera le seul système mécanique sophistiqué.

Etant donné que les systèmes solaires sont généralement secondés par un système auxiliaire mis en marche automatiquement, l'évaluation de l'état de fonctionnement du système solaire n'est pas toujours facile. Avec les systèmes classiques de chauffage des locaux et de chauffage de l'eau, une panne est habituellement détectée par les utilisateurs ou les occupants de l'immeuble et elle est rapidement signalée. Dans le cas d'un système solaire, étant donné que le système auxiliaire est mis en marche automatiquement, les utilisateurs ou les occupants de l'immeuble ne se rendent pas compte dans la plupart des cas d'une panne du système solaire. Il faut alors laisser au personnel qualifié le soin de vérifier continuellement l'état du système.

Lorsqu'on ne dispose pas du personnel requis, il peut être très imprudent d'installer le système.

RESUME - Section 1

L'évaluation des possibilités d'application de systèmes à énergie solaire est une phase initiale importante, et en fait nécessaire, de la conception d'un système solaire rentable, efficace et nécessitant le minimum d'entretien. Le concepteur d'un système solaire devrait étudier chaque élément de la liste de contrôle ci-dessous pour s'assurer qu'il a tenu compte de tous les aspects de la production de "chaleur solaire dite gratuite".

bonne évaluation de la charge
profils de charge
la charge peut-elle être modifiée en fonction du
système solaire
y aura-t-il élaboration de plans d'économie d'énergie
l'intégration au système de chauffage existant
sera-t-elle facile
lorsque les capteurs doivent être
installés sur un toit, la structure de ce dernier
est-elle adéquate
obtenir des données de charges théoriques précises
emplacement des capteurs (ombre, vandalisme, saleté)
maintenir la pente des tuyaux
besoins d'entretien
(complexité du système)
besoins en espace (capteurs et tout l'équipement
mécanique et électrique connexe)

## 2. CONCEPTION PRATIQUE

### 2.A EVALUATION DE LA CHARGE

Pour adapter la charge en fonction du rayonnement solaire disponible, nous devons déterminer la grandeur de cette charge et la façon dont elle varie sur une base quotidienne, mensuelle et saisonnière.

Une buanderie peut avoir besoin d'une plus grande quantité d'eau chaude au début de la semaine qu'à la fin. Une installation pour le lavage des bouteilles consomme souvent plus d'eau chaude pendant les mois d'été.

Pour mesurer l'énergie consommée, nous pouvons nous baser sur les factures de combustible et d'électricité. Lorsque celles-ci ne sont pas suffisamment précises, nous pouvons envisager une étude de la charge, à l'aide d'une combinaison des méthodes de mesure suivantes:

- Nous pouvons utiliser des kilowattheuremètres pour mesurer la consommation d'électricité; nous avons la possibilité d'utiliser un appareil de mesure unique pour lire la consommation totale d'électricité ou d'installer des appareils distincts pour mesurer la consommation d'électricité de chaque pièce d'équipement.

- Nous pouvons utiliser des débitmètres pour mesurer la consommation de combustible ou la quantité d'eau chaude consommée.

- Des thermomètres nous indiquent la température à laquelle l'eau s'écoule et nous donnent une information supplémentaire sur la quantité d'énergie requise.

- Nous pouvons installer un compteur d'énergie pour mesurer les températures de l'eau chaude et de l'eau froide ainsi que le débit.

Les données peuvent être enregistrées manuellement ou automatiquement. Les informations recueillies (température, débits et consommation d'énergie) sont transformées en un profil de charge qui donne une idée d'ensemble des pointes quotidiennes, hebdomadaires ou mensuelles.

A partir de ces informations, nous pouvons voir s'il est possible d'installer un système solaire. L'apport d'un système solaire peut être accru lorsqu'il est possible d'adapter la charge en fonction des périodes de captage d'énergie.

Dans de nombreux cas, les périodes de consommation d'énergie dans un procédé sont basées sur des habitudes prises antérieurement et elles ne sont pas nécessairement immuables. Par exemples, dans certaines usines, on a placé la charge de pointe durant la nuit afin de profiter des tarifs hors pointe qui

sont plus bas. Dans une usine comprenant un système solaire, il peut être avantageux de placer les charges de pointe pendant le jour, ce qui permettrait de réduire considérablement les besoins de stockage d'énergie solaire.

Dans d'autres cas, on peut occasionnellement avoir besoin d'énergie pour le traitement en lot de certains articles. Lorsqu'on dispose d'une certaine marge de jeu quant au moment auquel doit être effectué ce traitement, on peut augmenter considérablement l'efficacité du système solaire en l'effectuant lorsque le rayonnement solaire est disponible.

## 2.8 TYPES DE SYSTEMES

Il existe deux types principaux de systèmes solaires: les systèmes à air et les systèmes à liquide.

Dans les systèmes à air, de grandes quantités d'air se déplacent entre les composantes et il faut des aires de stockage relativement grandes ainsi que d'importantes unités de traitement de l'air. Pour ces raisons, il est difficile de répondre aux besoins en espace, particulièrement dans le cas d'un système installé après coup. Le coût de l'installation des systèmes à air peut être élevé en raison des travaux requis pour assurer l'étanchéité et l'isolation des conduites et des composantes.

Les systèmes à liquide sont plus courants dans les installations plus importantes qui nous intéressent davantage. Il existe différents types de systèmes à liquide, habituellement classés en fonction de la méthode de protection contre le gel utilisée:

- systèmes à circuit fermé

- systèmes à vidange temporaire

- systèmes à vidange permanente.

Chaque type de système a certaines caractéristiques et besoins propres et nécessite des précautions particulières en matière de conception.

Dans les systèmes à circuit fermé, le fluide caloporteur est un glycol. L'éthylèneglycol est toxique et il faut prendre certaines précautions, par exemple l'utilisation d'un échangeur thermique à double paroi, pour empêcher la contamination de l'eau potable par les fuites de fluide.

Le propylèneglycol est plus dispendieux et est moins toxique, mais certains codes locaux exigent les mêmes précautions qu'avec l'éthylèneglycol.

Dans les systèmes à circuit fermé, il faut des moyens pour remplir le système et pour en évacuer l'air. Cet aspect est souvent négligé dans la conception.

Dans les systèmes à circuit fermé, le fluide demeure dans les capteurs en permanence. Dans les périodes pendant lesquelles l'énergie solaire disponible est élevée et la charge faible, les capteurs peuvent être stagnants. Les températures élevées peuvent faire bouillir le fluide et provoquer une décomposition du glycol, ce qui entraîne la production d'un fluide corrosif acide. Par conséquent, les systèmes à circuit fermé doivent être protégés d'une certaine façon contre les températures excessives. Cette protection est habituellement assurée par l'utilisation d'un serpentin à évacuation de chaleur ou par vidange de l'eau chauffée de façon à créer une charge artificielle.

Les tuyaux et soupapes devraient être installés de telle façon que les capteurs ne puissent pas être isolés sans qu'il y ait possibilité de réduire la pression. La stagnation dans de telles conditions pourrait entraîner une augmentation dangereuse de la pression.

Etant donné les propriétés du glycol, il faut porter une attention particulière aux méthodes d'utilisation des tuyaux. Le glycol peut fuir par des ouvertures où l'eau ne le peut pas. C'est pourquoi il faut souvent des dispositifs d'étanchéité spéciaux pour des léments comme les échangeurs de chaleur et les serpentins. Le glycol n'est pas compatible avec certains matériaux; toutes les composantes doivent donc être utilisables avec le glycol. La plupart des bacs d'expansion pouvant être utillisés dans les systèmes de chauffage solaire du programme A.U.E.S. comprennent des diaphragmes en caoutchouc butyl qui de décomposent avec le temps en raison des réactions chimiques avec le propylèneglycol. Avec ce dernier, il faut utiliser des diaphragmes en EPDM. De plus, le glycol se dilate de façon appréciable à l'intérieur des plages de température des systèmes solaires, de sorte qu'il faut une certaine forme de bac d'expansion.

Dans les systèmes à vidange permanente et les systèmes à vidange temporaire, il faut accorder une attention particulière à la conception de la tuyauterie afin d'assurer une vidange rapide et complète.

Les systèmes à vidange temporaire doivent avoir des pompes ayant une plus grande capacité de refoulement que les systèmes à circit fermé pour vaincre la charge statique du système avant l'établissement de l'effet siphon.

Les systèmes à vidange temporaire à plusieurs groupes présentent un autre problème courant. Lorsqu'un effet siphon s'établit dans un ou plusieurs groupes avant de s'établir dans les autres, il se peut que la pompe n'arrive pas à remplir ces derniers. On résout habituellement le problème en utilisant des conduits de retour trop grands de sorte qu'il ne puisse pas s'établir d'effet siphon en limitant les conduits de retour de chaque groupe. L'installation de régulateurs de débit automatiques sur les conduits de retour de chaque groupe permet d'obtenir ce résultat et facilite l'équilibrage de débit de l'ensemble.

Les systèmes à vidange permanente ne sont pas appréciés au Canada en raison des mauvaises expériences qu'on a connues en ce qui concerne la fiabilité des commandes de vidange. Un certain nombre de gros systèmes ont gelé, ce qui a causé des dommages importants aux capteurs et des pertes financières élevées. Lorqu'un système à vidange permanente est proposé, il doit absolument comprendre des commandes de protection contre le gel à sécurité intrinsèque.

## 2.C INSTALLATION DES CAPTEURS

### 2.C.1 Types d'installation

Il existe de nombreuses méthodes d'installation de batteries de capteurs. Ces méthodes varient selon que les capteurs sont installés au sol, contre un mur ou sur un toit.

Dans la présente section, nous traitons principalement des aspects de conception applicables aux capteurs installés sur les toits, étant donné que cette méthode d'installation est de loin la plus utilisée et qu'elle présente les problèmes les plus importants.

Lorsqu'ils sont installés sur un toit plat, les capteurs doivent être inclinés à un certain angle par rapport au toit. Lorsqu'ils sont installés sur un toit en pente, les capteurs peuvent soit être parallèles au toit soit former un angle avec celui-ci.

Capteurs installés directement sur un toit en pente

Lorsqu'elle est applicable, la méthode d'installation de capteurs sur un toit en pente est habituellement la plus simple et la moins coûteuse. La pente optimale des capteurs est fonction principalement du type de charge et de la latitude. Le rendement d'un capteur est réduit lorsque la pente n'est pas optimale, mais la réduction est très faible lorsque la différence est inférieure à quinze degrés. Souvent, il est beaucoup plus avantageux d'installer une batterie de capteurs sur un toit en pente et d'ajouter au besoin des capteurs supplémentaires pour compenser la réduction de rendement résultant de conditions non optimales que d'investir pour l'installation d'un support.

Lorsqu'on installe des capteurs directement, il est préférable de les placer loin du bord du toit afin de:

- simplifier l'installation

- réduire les charges dues au vent et le danger dû à la chute de la neige et de la glace

- simplifier la tuyauterie.

Il doit y avoir possibilité d'écoulement sous les capteurs. Une hauteur minimale de 50 mm permet l'écoulement et la ventilation sous les capteurs. Cette précaution réduit la possibilité d'accumulation d'eau et de formation de moisissure.

Lorsqu'ils sont montés directement sur un toit en pente, les capteurs peuvent être placés n'importe où, à condition que leur poids et celui du matériel soit faible comparativement aux valeurs théoriques des charges dues à la neige. C'est habituellement le cas au Canada.

Exemples de méthodes d'installation

CAS 1. Toit à ferme ou à chevrons (avec accès à l'entretoit)

- la fixation aux entretoises est recommandée lorsqu'on a accès à l'entretoit

- dans ce cas, les capteurs sont habituellement installés haut sur le toit afin de faciliter le travail à l'intérieur de l'entretoit.

CAS 2. Toit à solives et plafond cathédrale

- les capteurs peuvent être fixés aux solives à l'aide de tire-fond

- l'emplacement des capteurs est choisi en fonction des canalisations, de la facilité de fixation et de l'esthétique.

Les tire-fond doivent être passés dans des trous percés à l'avance au centre des pièces de bois de charpente. Au moins 50 mm (2 po) du filet du tire-fond doivent pénétrer dans le bois.

Il peut être difficile de repérer les solives. La méthode la plus courante consiste à enfoncer de petits clous à travers le revêtement jusqu'à ce qu'on repère les deux bords de la pièce de bois puis à prendre une mesure jusqu'au centre de la solive. On peut ensuite utiliser du silicone ou une matière équivalente pour boucher les trous de façon étanche. Il faut aussi assurer une bonne étanchéité des tire-fond en plaçant du silicone dans les trous percés à l'avance et sur les têtes des vis.

CAS 2. Méthode de rechange

On peut utiliser une version modifiée de la méthode de fixation aux entretoises dans les maisons à plafond cathédrale, mais il faut alors percer le plafond fini afin de fixer les tiges filetées puis le réparer.

## Capteurs surélevés

Les capteurs surélevés peuvent retenir la neige et sont soumis à des charges importantes dues au vent; ces charges sont communiquées à la charpente de support et sont appliquées en tant que charges ponctuelles à la structure du toit.

Les capteurs sont surélevés par rapport au toit au moyen d'un support de façon qu'on puisse leur donner un angle d'inclinaison optimal.

Dans le cas des systèmes plus petits et des systèmes domestiques, les supports sont placés directement sur le toit. Dans les systèmes plus importants, des membres de charpente traversent le toit et transfèrent les charges aux points de support du toit. Les supports de capteurs sont fixés à cette charpente. Pour de tels systèmes, l'inspection du toit et la conception des méthodes d'installation des capteurs sont habituellement effectuées par un ingénieur en construction.

Les systèmes domestiques plus petits peuvent être conçus à l'aide de manuels préparés à cet effet ou être achetés sous forme de systèmes préfabriqués.

Dans le présent cours, notre objectif n'est pas de concevoir des supports pour capteurs mais plutôt de présenter des méthodes de fixation au toit et des méthodes d'installation permettant de ne pas endommager la membrane du toit. Bien qu'elles soient très importantes, les considérations relatives à la structure sont familières aux personnes qualifiées. Cependant, les bonnes méthodes de pénétration, de fixation et de réalisation de l'étanchéité dans l'installation de capteurs ne le sont pas.

Avant de concevoir une méthode d'installation, il est essentiel de savoir comment les toits réagissent et comment ils sont construits. Il faut évaluer l'état d'un toit existant avant d'installer un système solaire, de sorte que les problèmes créés ne soient pas automatiquement imputés à une mauvaise installation. Lorsqu'un toit est endommagé, il faut le réparer avant d'installer les capteurs.

Des problèmes risquent de se poser dans le cas des toits qui n'assurent pas un bon drainage ou dont le drainage est gêné par la présence de bordures pour les capteurs.

Il faut laisser un espace suffisant entre les rangées de capteurs et entre la base des capteurs et le toit afin de permettre l'entretien ultérieur et la réfection de la toiture.

Les méthodes suivantes ne sont pas recommandées pour l'installation:

- utilisation de manchons d'étanchéité, car ils nécessitent de l'entretien,

- utilisation de boulons à oeil fixés directement au platelage,

- utilisation de parapets comme supports de capteurs.

CAS 1

Capteurs surélevés installés sur un toit en pente et fixés aux entretoises ou fixés par des tire-fond aux solives du toit.

CAS 2

Capteurs surélevés installés sur des toits plats multicouches (bordures), comme à la Figure 2.C.1.1.

Remarque:

1. Agrégats enlevés de la membrane.
2. La membrane est découpée et l'isolant vérifié.
3. Étant donné que l'isolant ne peut pas supporter les charges, on place des cales de bois sur la dalle de construction pour supporter les bordures.

4. La membrane du toit est clouée aux cales et les bordures sont installées.
5. Les bordures sont fixées à la dalle.
6. Des tasseaux de bois biseautés sont placés le long des cales de façon à former une base pour les couches de solin bitumineux qui assureront l'étanchéité de la membrane du toit.
7. Le dessus de la bordure est recouvert de solins et des agrégats sont placés autour de la cale afin d'assurer la protection des solins et de la membrane du toit contre les rayons ultraviolets.
8. ATTENTION: De longues bordures perpendiculaires à la direction d'inclinaison du toit peuvent faire obstacle à l'écoulement de l'eau vers les drains de toit. Les bordures devraient être séparées en sections ne dépassant pas un mètre.

CAS 3

Colonnes de support - Ces supports peuvent reposer sur des membres de la structure du toit ou traverser le toit pour transmettre les charges aux dalles de plancher ou aux semelles.

Voir figures 2.C.1.2 et 2.C.1.3

Remarque:

1. Agrégats et isolant enlevés.
2. Colonne soudée à une section de structure et reposant sur celle-ci.
3. Manchon d'étanchéité de type extérieur placé sur la colonne et recouvert de solins bitumineux jusqu'à la membrane du toit.
4. L'espace libre à l'intérieur du manchon d'étanchéité est rempli de mastic.
5. Capuchon et solins placés au-dessus du manchon d'étanchéité et rendus étanches par calfeutrage.

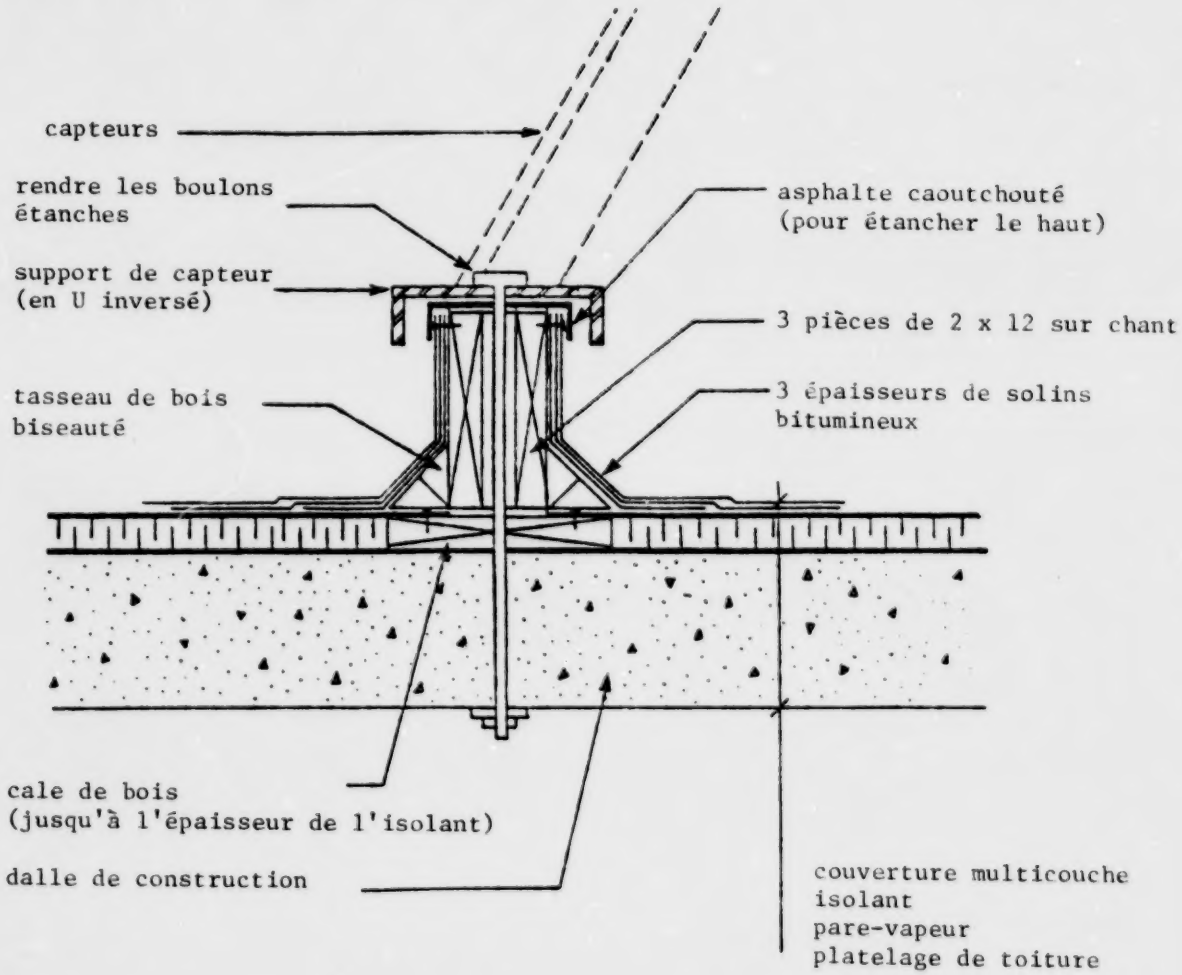


Figure 2.C.1.1

(d'après le bulletin d'information technique S-2 de TPC)

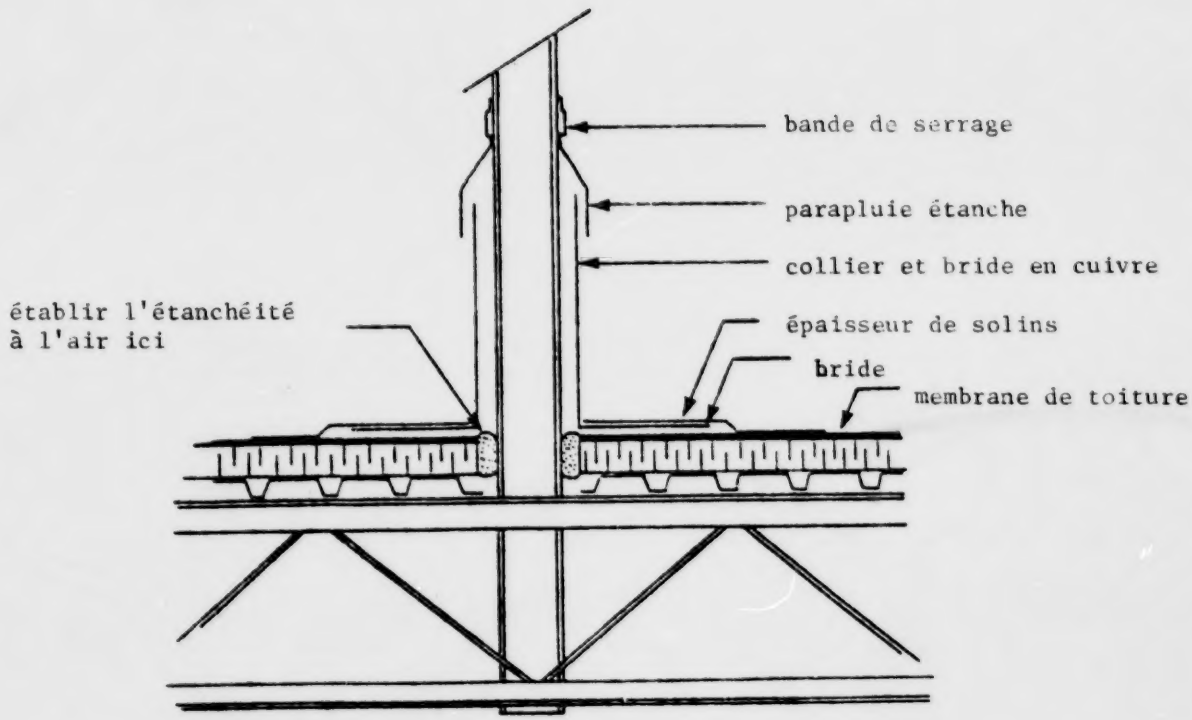


Figure 2.C.1.2
Colonne tubulaire de support
(d'après le bulletin d'information technique S-2 de TPC)

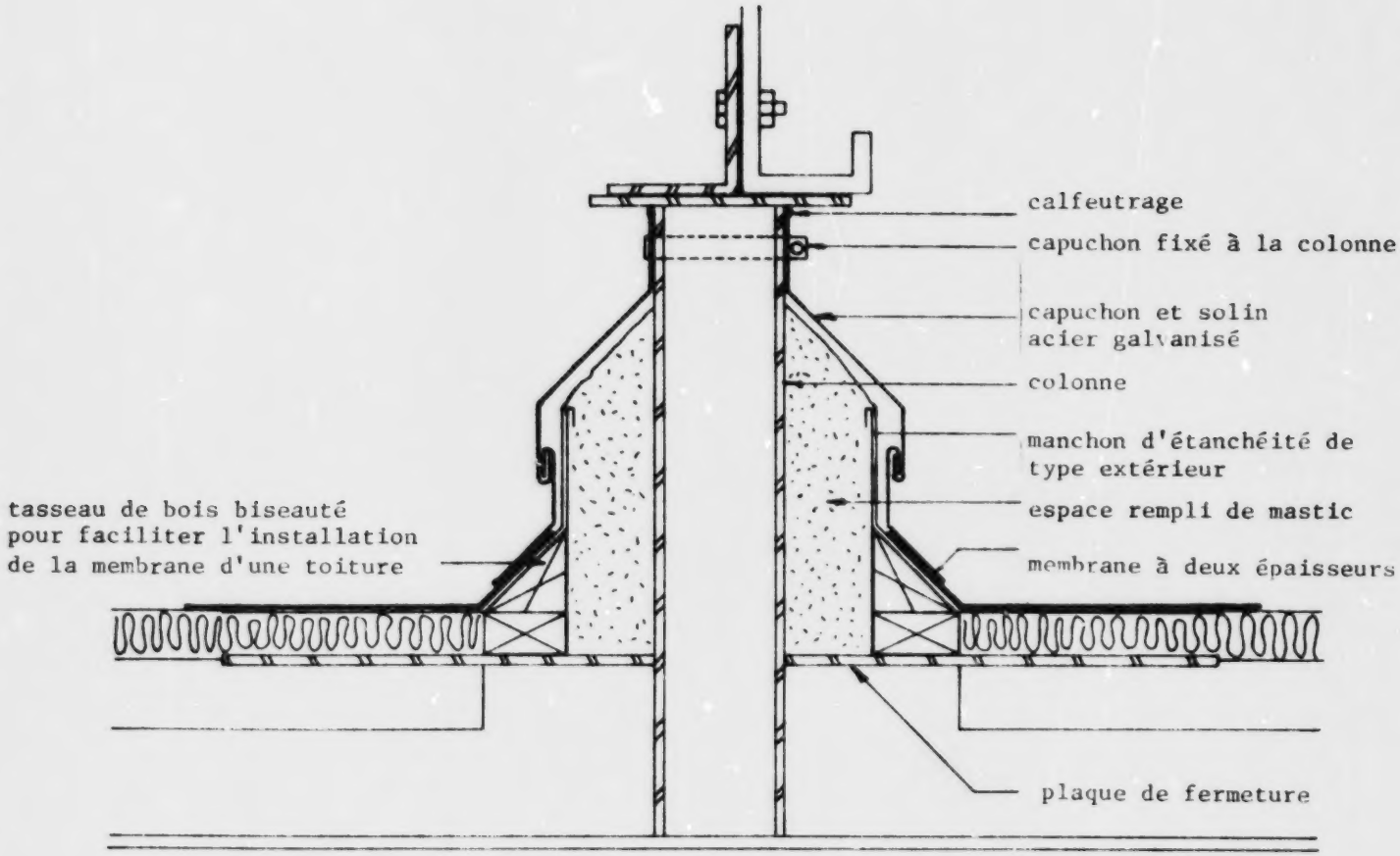
calfeutrage
capuchon fixé à la colonne
capuchon et solin
acier galvanisé
colonne
manchon d'étanchéité de
type extérieur
espace rempli de mastic
membrane à deux épaisseurs
tasseau de bois biseauté
pour faciliter l'installation
de la membrane d'une toiture
plaque de fermeture

Figure 2.C.1.3

## 2.C.2 Pente des tuyaux

Dans les systèmes à vidange temporaire, il faut maintenir une pente adéquate des tuyaux car la protection contre le gel est assurée par vidange sous l'effet de la gravité. Dans les systèmes à glycol, il faut que les tuyaux soient inclinés pour permettre la vidange et le rinçage.

Dans tous les systèmes, la pente minimale des tuyaux doit être de 1 sur 50. Dans les systèmes à vidange permanente ou à vidange temporaire, cette pente minimale est essentielle pour assurer le fonctionnement continu du système. Dans les systèmes à glycol à circuit fermé, l'inclinaison des tuyaux permet la vidange complète du système lorsqu'il faut remplacer le glycol. Dans les gros systèmes solaires comprenant des rangées de capteurs qui s'étendent sur 50 mètres ou plus, il faut laisser beaucoup d'espace libre sous les capteurs pour donner aux tuyaux l'inclinaison requise.

Il faut utiliser de bonnes méthodes d'installation des tuyaux de façon à assurer que ceux-ci ne fléchissent pas car il y aurait alors réduction de la pente initiale. Cela risque

particulièrement de se produire avec des tuyaux à paroi mince ou en plastique.

## 2.D SYSTÈMES À AIR

### 2.D.1 Aspects pratiques de l'étanchéité des capteurs, des conduits et des registres

Au cours des dernières années, l'utilisation des système solaires à air a diminué considérablement, et on consacre actuellement très peu d'efforts à la mise au point de composantes pour systèmes à air.

Les systèmes à air sont extrêmement simples en principe, mais il est très difficile de les mettre en applicaiton. On a constaté qu'il coûte cher de trouver des solutions aux problèmes de fuite des capteurs, des conduits et des registres. Dans de nombreux cas, ces problèmes à eux seuls ont contredit l'efficacité théorique d'un système de chauffage solaire à air.

Il existe quand même de bonnes applications des systèmes à air, mais elles sont très spécifiques. En voici quelques exemples:

- Préchauffage de l'air d'appoint pour de gros immeubles qui ont présentement le réseau de conduits de distribution intérieur nécessaire.

- Préchauffage de l'air chaud industriel dans des applications commerciales spécifiques, comme les opérations de séchage.

- Séchage de produits agricoles comme le grain. Bien qu'il constitue seulement une application saisonnière, le séchage du grain peut être très pratique étant donné qu'il a une charge énormément élevée qui utilise chaque parcelle d'énergie produite par un système solaire.

Ces applications nécessitent généralement de l'énergie très faiblement concentrée.

Les fuites constituent un problème majeur dans la plupart des réseaux de conduits. Une étanchéité insuffisante des conduits entraîne une faible performance thermique. C'est pourquoi on recommande d'étancher chaque joint de conduit avec du ruban ou un agent approprié. Les conduits rectangulaires galvanisés utilisés dans le chauffage des maisons ne sont pas recommandés car ils sont très difficiles à étancher convenablement.

Il existe cerains conduits en fibre de verre pré-isolés. Ces conduits coûtent généralement plus cher que les conduits galvanisés, mais ils s'installent beaucoup plus rapidement et ils sont habituellement beaucoup plus faciles à étancher efficacement.

Il est très important d'étancher les capteurs. Il faut assurer l'étanchéité des raccords entre les capteurs et l'étanchéité des capteurs eux-mêmes. Il faut examiner soigneusement les capteurs avant de les installer pour s'assurer que les divers dispositifs d'étanchéité n'ont pas été endommagés pendant le transport. Il faut étancher avec beaucoup de soin les raccords entre les capteurs.

L'expérience pratique acquise avec un certain nombre de systèmes a permis de réaliser que:

- Pour limiter les fuites entre les capteurs, il faut les aligner avec beaucoup de soin.

- Lorsqu'on utilise du silicone pour étancher une surface métallique, on obtient de meilleurs résultats en revêtant d'abord la surface d'une couche d'apprêt.

- Avant de poser l'isolant, il est préférable de vérifier si le réseau de conduits a des fuites.

Les isolants pour conduits d'air les plus répandus sont la laine de verre et l'uréthane. Le facteur RSI des conduits devrait être d'au moins 1 (R-6) à l'extérieur et 0,5 (R-3) à l'intérieur.

L'introduction de conduits dans un bâtiment doit être effectuée avec beaucoup de soin de façon qu'il n'y ait pas de problèmes causés par des fuites d'eau et d'air.

## 2.E CHOIX DES COMPOSANTES - SYSTÈMES À LIQUIDE

### 2.E.1 Échangeurs de chaleur

Les échangeurs de chaleur pour systèmes à liquide transfèrent la chaleur du liquide circulant dans le circuit de capteurs au liquide circulant dans le circuit de stockage. Pour obtenir une bonne efficacité du système, il faut que ces échangeurs de chaleur soient dimensionnés de façon adéquate.

Dans les systèmes où on utilise des fluides éventuellement toxiques avec l'eau d'alimentation domestique, il faut des échangeurs thermiques à double paroi. Dans ces échangeurs thermiques, deux parois séparent les fluides, de sorte qu'en cas de fuite de l'une ou l'autre des parois le fluide s'écoule dans la cavité qui les sépare plutôt que de se mélanger à l'autre fluide. Ces échangeurs sont généralement conçus de façon que tout liquide pénétrant dans la cavité dégoutte sur le plancher, ce qui fournit une indication évidente d'une fuite interne. La norme ACNOR F-379 établit les exigences pour le type d'échangeur thermique qu'il faut utiliser avec des chauffe-eau domestiques préassemblés.

Toutefois, les inspecteurs locaux peuvent exiger des niveaux de protection additionnels.

Les systèmes à thermosiphon et les systèmes à vidange permanente ne comprennent pas d'échangeurs thermiques car l'eau chaude domestique ou industrielle circule directement dans les capteurs. Dans les systèmes à vidange temporaire, un échangeur thermique à paroi simple suffit, car les deux fluides sont de l'eau.

Les échangeurs thermiques internes sont ceux qui comprennent un serpentin ou un réservoir plongé à l'intérieur d'un réservoir de stockage. Dans les échangeurs thermiques externes, les deux fluides sont contenus dans un conduit où ils circulent côte à côte dans des sens opposés.

Il existe une variété de types d'échangeurs thermiques pour les petits systèmes solaires:

Échangeur thermique à tube placé dans un réservoir - comprend un tube en cuivre flexible en forme de serpentin, avec ou sans ailettes, fixé à l'intérieur du réservoir.

Échangeur thermique enveloppant - comprend un tube enroulé à l'extérieur du réservoir et fixé à celui-ci. Ce type d'échangeur thermique est effectivement à double paroi et il est parfois

utilisé dans les systèmes à circuit fermé dont le réservoir contient de l'eau potable.

Échangeur thermique à tubes parallèles - composé de tubes parallèles en contact les uns avec les autres sur toute leur longueur (soudés ensemble) dans lesquels l'eau et le fluide caloporteur circulent en sens contraires (à contre-courant).

Échangeur thermique à réservoir double - Comprend un réservoir à paroi simple placé à l'intérieur d'un réservoir de stockage externe. Le fluide caloporteur est dans le réservoir externe et, en option, un serpentin peut entourer le réservoir interne.

Les gros systèmes peuvent comprendre les types d'échangeurs thermiques suivants:

Échangeur thermique à double tube - comprend un tube à l'intérieur d'un autre tube (tous deux en cuivre). Le fluide caloporteur circule dans le tube interne qui peut être à double paroi avec passages pour la détection des fuites. L'eau circule dans le tube externe. Les deux fluides circulent en sens contraires. On réalise le dimensionnement de l'échangeur thermique en ajoutant des échangeurs en série.

Échangeur thermique à calandre - comprend une enveloppe ou calandre externe entourant un faisceau de tubes. Ces tubes sont du type à paroi simple qu'on utilise habituellement dans les systèmes à vidange temporaire. Dans de nombreux cas, le faisceau de tubes est placé directement à l'intérieur du réservoir de stockage par une ouverture pratiquée dans le côté.

Échangeur thermique à plaques - dans ce type d'échangeur, les fluides circulent en sens contraires dans des espaces délimités par les plaques. Les échangeurs thermiques à plaques peuvent facilement être adaptés en fonction des besoins par l'addition ou le retrait de plaques.

Avantages et inconvénients des échangeurs thermiques

1. L'inspection et l'entretien des échangeurs thermiques externes qui ne sont pas plongés dans un fluide sont plus faciles.

2. Les échangeurs thermiques à double paroi coûtent plus cher.

3. Il faut beaucoup de temps pour la livraison des échangeurs thermiques faits sur mesure ou des échangeurs qui nécessitent des métaux spéciaux.

4. Les échangeurs thermiques à plaques peuvent être grossis au besoin.

## 2.E.2 Tuyauterie

Dans la présente section, l'étude de la tuyauterie ne porte pas seulement sur les tuyaux eux-mêmes; elle englobe les diverses composantes connexes d'une tuyauterie, comme les soupapes, les réservoirs d'expansion et les étriers à tube, dont on ne traite pas ailleurs.

La tuyauterie d'un système de chauffage solaire peut représenter une partie importante des coûts d'installation. Bien qu'on utilise encore dans la plupart des systèmes solaires des tubes en cuivre ou en fer, on fabrique de plus en plus de systèmes comprenant des tubes en plastique. Cette dernière méthode est utilisée particulièrement pour les petits chauffe-eau solaires domestiques.

Les tuyaux, à l'intérieur comme à l'extérieur, doivent être camouflés le plus possible de sorte que l'installation finie ait une belle apparence.

Les tubes des capteurs doivent être aussi courts que possible. On réalise habituellement cette condition en plaçant les capteurs dans une position centrale par rapport à la salle de commande du système. Lorsqu'ils couvrent

de grande distance, les tuyaux peuvent être endommagés, ils présentent des pertes de chaleur et des chutes de pression plus élevées et ils doivent par conséquent être plus gros.

Lorsqu'on installe la tuyauterie, il faut s'assurer que les joints sont étanches et ne présentent pas de risques de corrosion.

- Lorsque des métaux différents doivent être utilisés, les isoler avec des raccordements diélectriques.

- Utiliser des matériaux compatibles avec les conditions d'utilisation. Par exemple, ne pas utiliser de tuyaux en zinc galvanisé pour transporter des solutions de glycol.

Dans le cas de tuyaux droits de plus de 25 mètres, il faut ajouter des joints d'expansion pour prévenir les déformations aux joints. Normalement, les courbes et les coudes supportent les effets de l'expansion.

Dans tous les systèmes, les tubes doivent avoir une pente minimale de 1 sur 50 afin de permettre un écoulement acceptable. Les tubes en plastique devraient avoir une pente

de 1 sur 30 car ils risquent de fléchir avec le temps. Il est préférable d'assurer le support des tubes en plastique sur toute leur longueur.

S'assurer que les soupapes et dispositifs de sûreté et de décharge sont prévus dans la conception. Les soupapes et dispositifs de sûreté suivants sont normalement utilisés dans les tuyauteries:

- réservoir d'expansion (circuit fermé)

- soupapes de décharge

- purgeurs d'air

- casse-vide (vidange temporaire)

- clapets de retenue

- filtres

- robinet de remplissage

- robinet de réglage

- robinet mélangeur

Lorsqu'on prévoit l'emplacement des soupapes au moment de la conception du système, s'assurer qu'aucune partie du système, par exemple un réservoir de stockage ou une rangée de capteurs, ne peut être isolée de la soupape de décharge prévue pour la protéger. Les purgeurs d'air automatiques ne permettent pas à la vapeur de s'échapper assez rapidement pour assurer la protection d'un groupe de capteurs dans le cas où ceux-ci seraient isolés à leur entrée ou à leur sortie.

Dans la conception des tuyauteries, on néglige souvent le support des tuyaux. Un nombre important de pannes de systèmes solaires ont été causées par des mauvaises conditions de support des tuyaux extérieurs.

Il ne suffit pas de laisser à l'entrepreneur chargé de l'installation le soin de concevoir le système de support des tubes.

Il faut utiliser des étriers ordinaires et un écran protecteur ou une garniture continue pour protéger l'isolant. Les tiges filetées utilisées pour suspendre les tubes ne doivent jamais être courbées.

L'espacement entre les étriers à tube ne doit pas être inférieur à celui précisé dans le code de plomberie. Il faut ajuster les étriers avec soin de façon à maintenir des pentes régulières. Lorsque des tubes sont suspendus à partir de points pouvant présenter des mouvements différentiels, il faut effectuer un ajustement additionnel pour tenir compte de ce facteur.

2.E.3 Types de tuyaux

Le choix réel des matériaux, des accessoires et des composantes est fonction des codes de plomberie locaux. Dans le choix des matériaux pour tuyaux, il faut tenir compte:

- des températures limites auxquelles la tuyauterie sera exposée (les effets produits toucheront surtout les soudures et les tuyaux en plastique);

- de la fragilité des tuyaux à l'extérieur;

- du type de fluide utilisé (certains fluides réagissent chimiquement avec certains types de tuyaux).

Tuyaux en cuivre

Il existe trois types fondamentaux de tuyaux de cuivre utilisés en plomberie domestique:

Type M - tuyaux en cuivre les plus légers qui sont actuellement acceptables pour les systèmes solaires; conditions de plomberie domestique courantes.

Type L - tuyaux à paroi plus épaisse que les tuyaux de type M; aussi utilisés couramment pour l'eau en plomberie domestique;

Type K - tuyaux à paroi épaisse pour applications à pression élevée; les tuyaux souterrains doivent être de type K.

Etant donné que les pressions dans la plupart des types de systèmes de chauffage solaire sont faibles, on tente actuellement de convaincre les autorités chargées de l'inspection de considérer comme acceptable l'utilisation de tuyaux en cuivre à paroi très mince. On suggère des tuyaux de type DWV conçus pour les services d'évacuation de l'eau. Si ce

type de tuyau se révèle acceptable, le coût global de la tuyauterie pourra être réduit quelque peu.

L'utilisation de tuyaux en cuivre flexibles n'est pas recommandée parce qu'il est difficile de leur donner une pente adéquate et que les installations comprenant des tuyaux de ce genre ont habituellement une mauvaise apparence.

Les tuyaux en cuivre dur de types M, L et K sont acceptables dans la plupart des juridictions pour les systèmes à eau chaude. Les tuyaux de type K, dont la paroi est plus épaisse, sont recommandés pour les systèmes de chauffage solaire lorsque la tuyauterie risque de subir des dommages physiques, par exemple dans les batteries de capteurs montés au sol.

Tuyaux filetés galvanisés

Les tuyaux filetés galvanisés peuvent être utilisés avec l'eau chaude domestique ou industrielle. On doit utiliser du ruban en téflon pour tous les raccords de tuyaux. Il faut assurer la protection contre la corrosion (joints) aux raccords avec des tuyaux en cuivre ou autres. L'eau finira

par provoquer la corrosion des tuyaux galvanisés. Il ne faut pas utiliser des tuyaux galvanisés avec des solutions de glycol.

Tuyaux en acier noirs

On utilise des tuyaux en acier noirs dans les circuits contenant du glycol. Lorsqu'il faut de grandes longueurs de tuyaux, les tuyaux noirs sont meilleur marché que les tuyaux en cuivre. Il faut utiliser du ruban en téflon aux raccords de tuyaux et assurer la protection contre la corrosion aux points de raccordement de métaux différents.

Tuyaux en acier inoxydable

On utilise des tuyaux en acier inoxydable avec les fluides corrosifs ou lorsque les conditions imposent des précautions spéciales pour prévenir la contamination.

Tuyaux flexibles en fibre de verre époxide

On utilise des tuyaux flexibles en fibre de verre époxide sous les routes, là où d'autres tuyaux risqueraient de se briser.

## Tuyaux en plastique

Dans certains cas, l'utilisation de tuyaux en plastique est restreinte en raison des règlements d'incendie locaux qui interdisent l'utilisation de matières plastiques dans les immeubles commerciaux ou industriels. Il existe deux types de tuyaux en plastique acceptables, lorsque les règlements le permettent: les tuyaux en PVC-C et les tuyaux en polybutylène.

Les tuyaux en PVC-C sont réunis par soudage au solvant, filetage ou raccordement mécanique. Lorsque des tuyaux en PVC-C sont utilisés dans des systèmes solaires, seuls les joints soudés au solvant sont recommandés. On ne peut utiliser que du ciment et du solvant de nettoyage spéciaux pour PVC-C. Il est à remarquer que les solvants et ciments utilisés avec l'ABS et le PVC ne conviennent pas pour les tuyaux en PVC-C. Les joints réalisés avec des solvants et ciments inadéquats risquent de fuir ou de se briser complètement. Les tuyaux en PVC-C fléchissent de façon appréciable aux environs de 70°C, et il faut qu'ils soient supportés à chaque mètre lorsqu'ils sont placés horizontalement.

Lorsque des tuyaux en polybutylène (PB) sont utilisés à proximité de tuyaux en cuivre, il faut s'assurer que la pâte à souder n'est pas mise en contact avec les tuyaux en plastique car elle provoque une forte détérioration des raccords à compression en plastique. Les tuyaux en PB ont aussi un rayon de courbure minimal et il faut faire attention au moment de leur installation afin de prévenir le fléchissement.

Les tuyaux en polybutylène peuvent être joints par des raccords à compression avec garniture ou par des méthodes à chaleur de fusion. Lorsque des tuyaux en PB sont utilisés dans des systèmes solaires, seuls les raccords à compression sont recommandés. Certains fabricants d'équipement solaire offrent des tuyaux en PB pré-isolés pour installations solaires. Les tuyaux en PB commencent à fléchir vers 92$^{o}$C.

2.E.4 Interconnexion de capteurs

Dans le domaine des systèmes de chauffage solaire à liquide, un certain nombre de perfectionnements ont été réalisés. On a mis au point des capteurs avec un collecteur unique, tant sous forme de capteurs plans que de capteurs à tube

sous-vide, ce qui a permis de simplifier considérablement l'installation de batteries de capteurs solaires.

Les interconnexions de capteurs ont posé de nombreux problèmes et aucun type d'interconnexion n'est parfait. Les interconnexions peuvent être classées comme étant à expansion ou sans expansion et rigides ou flexibles.

Les divers fabricants précisent le nombre maximal de capteurs qui peuvent être reliés en série sans qu'un dispositif d'expansion soit requis.

Les interconnexions de capteurs doivent pouvoir:

- supporter l'expansion et la contraction entre les capteurs tout en réduisant les contraintes dans les raccordements,

- être à l'épreuve des fuites aux points de raccordement avec les capteurs,

- être à l'épreuve de la corrosion galvanique.

Les matériaux utilisés pour les interconnexions des capteurs doivent:

- être durables

- résister aux intempéries et aux rayons solaires

- être compatibles avec le fluide caloporteur.

Raccordements de tuyaux en cuivre

Etant donné les températures élevées à proximité des capteurs, on devrait effectuer des soudures étain/antimoine suivant un rapport 95/5.

Lorsque plus de six ou sept capteurs, ou plus que le nombre de capteurs précisé par le fabricant, sont installés ensemble, il faut prendre certaines mesures pour l'expansion thermique. En respectant cette limite, on évite que des contraintes trop élevées soient imposées aux joints et aux matériaux d'étanchéité en raison de l'expansion et de la contraction.

Les inconvénients majeurs de ce type de connexion sont les exigences en matière d'alignement précis et la difficulté d'enlever ultérieurement un seul capteur pour fins de réparation.

Connexions de tuyaux

Certaines connexions de tuyaux non métalliques sont réalisées à l'aide:

- d'EPDM

- de VITON (fluoroélastomère)

- de SILICONE

Un type de connexion préférable dans le cas de collecteurs internes est réalisé au moyen d'un tuyau de silicone maintenu en place avec du calfeutrage à silicone et des colliers à engrenage en acier inoxydable. Il est préférable d'utiliser des colliers sur les tuyaux qui ont des bagues. Ce type de connexion peut être facilement endommagé s'il n'est pas serré correctement et il faut souvent le resserer à plusieurs reprises avant d'obtenir une étanchéité parfaite.

Joints Victaulic

Ces joints sont utilisés pour connecter des collecteurs internes; ils comprennent des garnitures d'EPDM et peuvent

être utilisés jusqu'à une température de 170°C (Victaulic 77). On utilise souvent des soufflets d'expansion avec les joints Victaulic. Ce type de raccordement nécessite un alignement précis des collecteurs mais permet de remplacer facilement les capteurs. Une interconnexion de ce type est difficile à isoler.

2.E.5 Pénétrations dans l'enveloppe d'un immeuble

Les tuyaux d'un système solaire peuvent pénétrer un immeuble en des points très variés. Les pénétrations dans le toit sont très courantes, et les pénétrations à travers le mur peuvent être faites au-dessus ou au-dessous du niveau du sol.

Tous les points de pénétration doivent être bloqués de façon étanche et durable. Il est important que les tuyaux soient maintenus fermement aux points de pénétration et que l'espace qui les entoure soit rendu bien étanche.

Lorsqu'on effectue une pénétration dans un toit en bardeaux, il faut utiliser des brides ou des gaines d'étanchéité en caoutchouc ou en aluminium, tel que montré à la figure 2.E.5.1. La bride est rendue étanche autour du tuyau à l'aide d'un collier en néoprène. L'isolant du tuyau s'arrête au collier

de la bride et ne pénètre pas dans le toit. De cette façon, l'eau ne peut pas pénétrer dans l'immeuble en s'infiltrant sous l'isolant. Au niveau du toit, la bride est placée de telle façon que sa partie la plus haute soit au-dessous et sa partie la plus basse au-dessus des bardeaux.

Lorsqu'on effectue des pénétrations dans un toit plat, on peut rendre les tuyaux étanches à l'intérieur d'un manchon d'étanchéité, tel que montré à la Figure 2.E.5.2. Le tuyau est rendu étanche à l'intérieur du manchon à l'aide d'un composé d'étanchéité et de calfeutrage. L'extérieur du manchon est rendu étanche par rapport au toit à l'aide d'une membrane bitumineuse et de solins.

Les pénétrations à travers un mur doivent maintenir la pente horizontale minimale des tuyaux. Il faut percer un trou distinct dépassant de quelques mm la dimension du tuyau pour chaque pénétration. Les tuyaux sont rendus étanches par rapport au mur à l'aide de calfeutrage, comme le montre la Figure 2.E.5.3.

Les tuyaux souterrains, étant donné qu'ils doivent être protégés contre les effets du tassement du sol à proximité du mur, devraient être insérés dans un tuyau en acier qui

traverse aussi le mur et est prolongé de quelques pieds de l'autre côté. L'étanchéité est assurée à l'aide de calfeutrage.

2.E.6 Tuyaux souterrains

Les tuyaux souterrains coûtent cher et il est impossible d'en faire une inspection régulière. Il faut donc éviter ce type d'installation sauf lorsque les circonstances ne permettent pas de faire autrement.

Lorsqu'on utilise des tuyaux souterrains en cuivre, ils doivent être du type K. Les tuyaux doivent être enfouis au-dessous de la ligne de gel et être bien assis de façon que les roches et autres objets ne les perforent pas et ne perforent pas non plus l'isolant, et qu'il n'y ait pas de tassement.

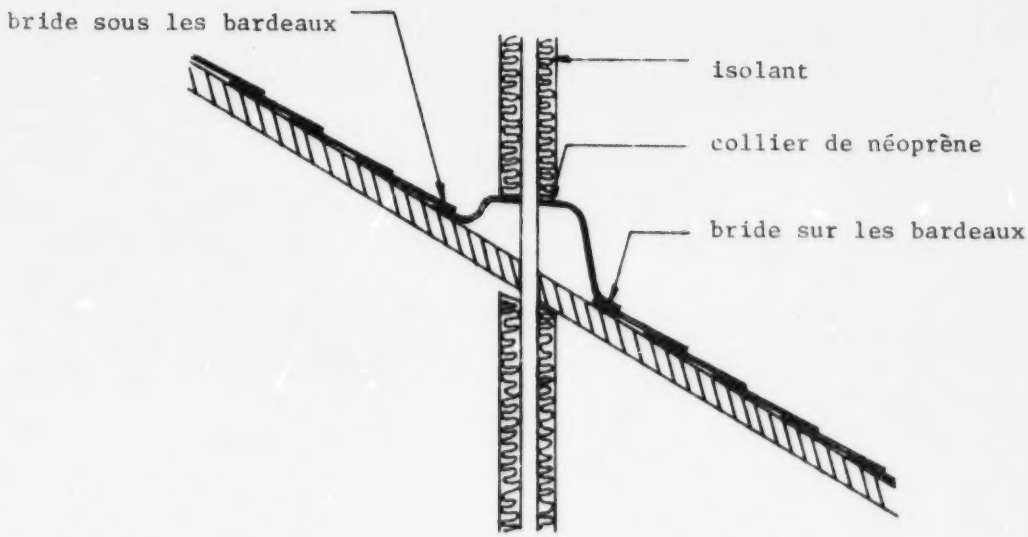


Figure 2.E.5.1
Pénétration d'un tuyau dans le toit

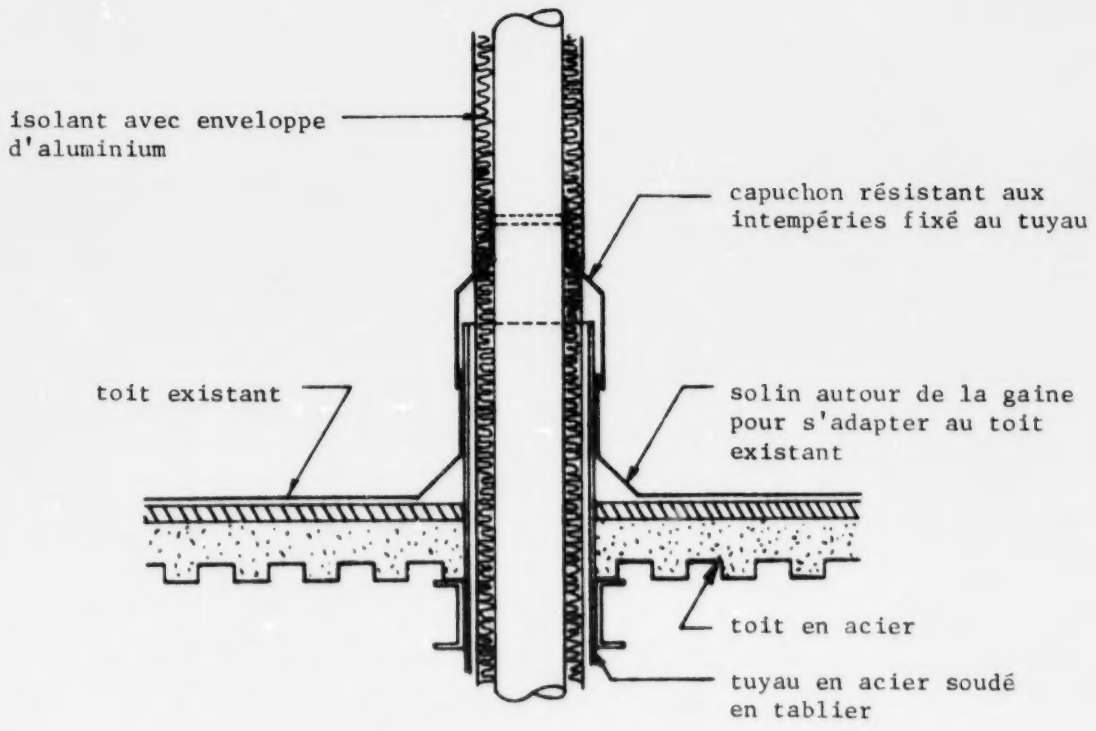


Figure 2.E.5.2

Pénétration d'un tuyau dans le toit

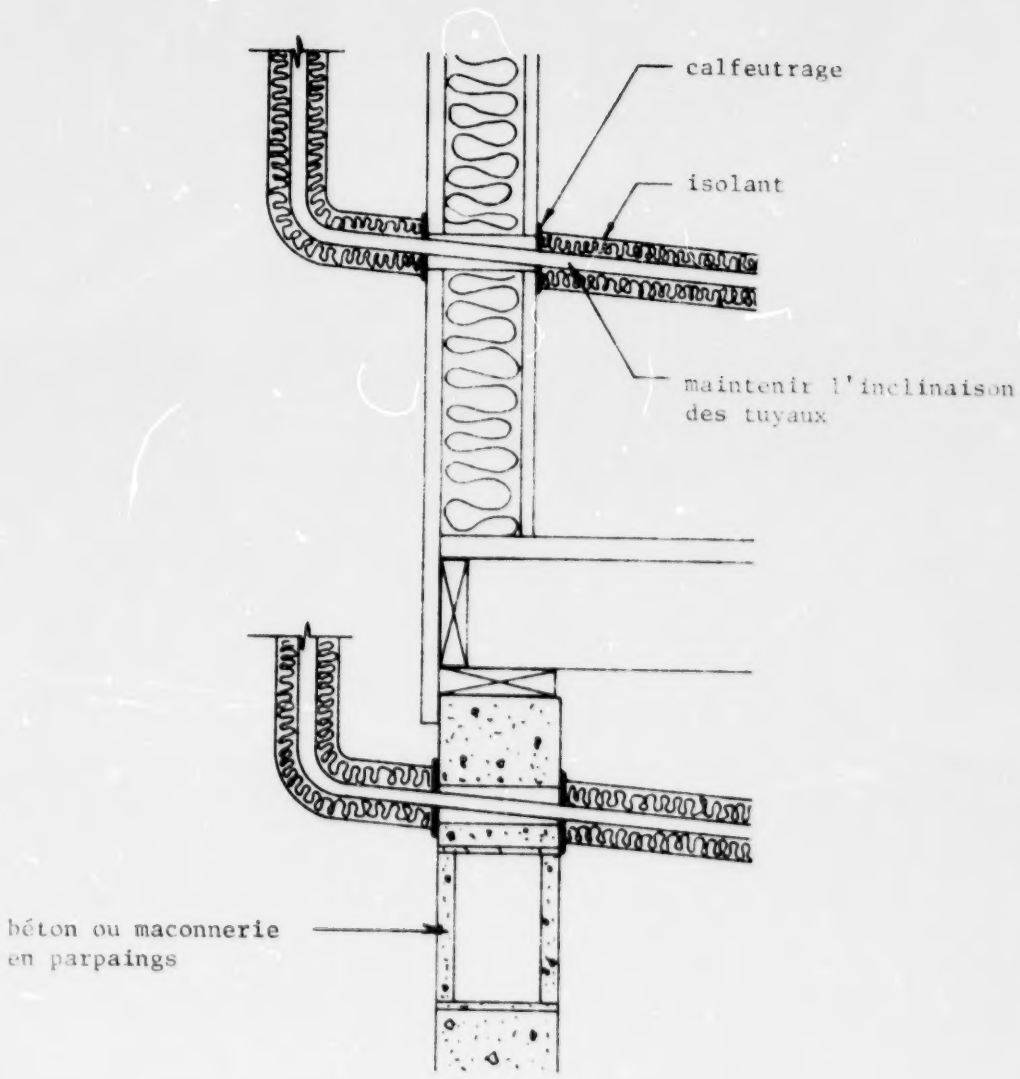


Figure 2.E.5.3

Pénétration d'un tuyau dans un mur

Le niveau d'isolation minimale recommandé est un facteur RSI de 1 (R-6). Il est important que l'isolant reste sec. L'isolant doit comprendre le moins de joints possible.

Lorsqu'ils passent à travers une fondation ou au-dessous de celle-ci, les tuyaux devraient être enveloppés dans des manchons en fer remplis de matériau d'étanchéité.

2.E.7 Besoins d'isolation

L'isolation des systèmes de chauffage solaire est un aspect extrêmement important de l'installation. Lorsqu'on ne prend pas suffisamment de soins pour l'isolation des tuyaux et des composantes d'un système de chauffage solaire, on perd un grand nombre des avantages que donnerait un système solaire bien conçu et bien installé.

L'isolation joue aussi un rôle important sur l'aspect d'un système de chauffage solaire: selon le soin apporté à l'isolation, un système aura une apparence acceptable ou sera une horreur. Pour obtenir une installation d'apparence acceptable, il faut choisir et poser l'isolant avec soin, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur.

Lorsqu'on isole un système solaire, il faut accorder beaucoup d'importance au réservoir de stockage. La perte de chaleur globale d'un réservoir mal isolé peut être très importante. Les méthodes d'isolation, courantes dans l'industrie de la construction mécanique, sont généralement acceptables dans le domaine qui nous intéresse.

Choix des matériaux isolants

Il faut tenir compte de deux aspects principaux dans le choix des matériaux isolants pour les applications solaires:

- niveaux d'isolation adéquats

- conditions auxquelles l'isolant sera soumis.

## Niveaux d'isolation

Le choix des niveaux d'isolation appropriés pour les diverses composantes d'un système de chauffage solaire doit être basé principalement sur une évaluation financière. Lorsque les niveaux d'isolation augmentent, il n'y a pas que le coût des matériaux isolants qui augmente; les coûts de l'enveloppe d'isolation, des étriers à tubes et de l'installation augmentent également. On devrait considérer comme minimum les niveaux d'isolation suivants:

- RSI-1,0 (R-6) pour les tuyaux extérieurs,

- RSI-0,5 (R-3) pour les tuyaux intérieurs.

## Matériaux isolants

Dans le choix des matériaux isolants, particulièrement pour utilisation à l'intérieur, il faut tenir compte des exigences des codes concernant l'inflammabilité, la propagation de flamme et la production de fumée.

De nombreux matériaux peuvent être utilisés pour isoler les tuyaux des systèmes de chauffage solaire. Les plus courants sont:

- fibre de verre,

- uréthane ou mousse d'isocyanurate,

- élastomère,

- polyéthylène.

Dans le choix des matériaux isolants, les conditions auxquelles ceux-ci seront exposés constituent un critère majeur.

La fibre de verre peut facilement absorber l'humidité. Il faut par conséquent qu'elle soit enveloppée de façon très étanche lorsqu'elle est utilisée à l'extérieur. Elle est volumineuse comparativement aux autres matériaux isolants. On ne devrait pas l'utiliser pour la partie extérieure d'un système solaire.

L'uréthane et l'isocyanurate n'absorbent pas l'humidité et sont moins volumineux que la fibre de verre, mais ils coûtent relativement cher. Ces matériaux sont les meilleurs isolants pour utilisation à l'extérieur. La plupart des fabricants offrent des coins prémoulés et des sections en T.

L'isolant élastomérique a une résistance thermique relativement élevée pour son épaisseur et il n'absorbe pas l'eau. Cependant,

les rayons ultraviolets peuvent provoquer sa détérioration. Il existe des peintures protectrices, mais il faut les appliquer fréquemment et dans de nombreux cas, elles ne se sont pas révélées efficaces. On peut appliquer ce type d'isolant en le passant sur les tuyaux avant de les souder. Il suffit de l'écarter des joints qui sont chauffés. L'isolant élastomérique a tendance à se contracter avec le temps; il faut par conséquent le comprimer d'au moins 5% lorsqu'on le pose.

Les isolants en polyéthylène sont insensibles aux rayons ultraviolets; ils n'absorbent pas l'humidité et sont relativement bon marché. Toutefois, ils ne sont pas conçus pour être utilisés au-dessus de 100°C. Il ne faut donc pas les placer à proximité des capteurs qui peuvent être en état de stagnation.

Il est avantageux, tant pour l'aspect coûts que l'aspect durabilité, d'envisager l'utilisation de différents types d'isolants pour les applications intérieures et extérieures.

Résistance aux intempéries et protection

La protection de l'isolant contre la détérioration comprend plusieurs facettes:

- protection contre l'absorption d'eau,

- protection contre les rayons ultraviolets,

- protection contre les dommages physiques.

Comme on l'a déjà mentionné, certains matériaux risquent de présenter l'un ou l'autre des deux premiers problèmes mais, en général, tous les matériaux risquent de présenter le troisième.

Lorsqu'on utilise, à l'extérieur, de l'isolant qui peut absorber l'humidité, il faut l'envelopper avec énormément de soin pour qu'il ait une quelconque valeur à long terme. Il faut observer les règles suivantes:

- Tous les joints doivent être dirigés vers le bas.

- Tous les dispositifs exposés doivent être dirigés vers le bas, à l'exception de ceux qui doivent être placés autrement pour bien fonctionner, par exemple les purgeurs d'air automatiques.

- Tous les joints de l'enveloppe doivent être bouchés avec un matériau d'étanchéité ou du ruban approuvé à cet effet, ou les deux. Il est préférable d'utiliser le ruban offert

par le fabricant de l'enveloppe. Les rubans pour conduits et les rubans chatterton ne sont pas acceptables.

- L'extrémité de l'isolant au point de raccordement avec les capteurs doit être rendue complètement étanche par rapport à l'enveloppe de l'isolant et au tuyau lui-même. Les matériaux d'étanchéité utilisés à cette fin doivent pouvoir supporter les températures extrêmes de stagnation éventuelle.

Pour ces raisons, on ne devrait pas choisir pour des applications extérieures un isolant qui absorbe l'humidité, par exemple la fibre de verre. L'uréthane et l'isocyanurate se sont révélés les meilleurs isolants pour les applications extérieures car ils absorbent peu l'humidité.

La plupart des matériaux isolants sont acceptables pour les applications intérieures, le principal critère d'utilisation étant le même pour tous les types: état complet et propreté. Il faut cependant tenir compte des caractéristiques de résistance au feu des isolants, par exemple dans le cas des isolants de type élastomérique.

Il faut s'assurer que tous les tuyaux d'eau chaude sont isolés, y compris les tuyaux entre le réservoir de stockage solaire et le réservoir de stockage auxiliaire. Toutes les soupapes et

tous les points d'essai se trouvant sur ces tuyaux doivent aussi être isolés.

Lorsqu'on n'utilise pas de coudes préformés ni de sections en T, il faut assembler en onglet tous les joints à angle dans le matériau isolant. Couvrir tous les joints d'un ruban de la même couleur que l'enveloppe d'isolation et ne jamais utiliser de ruban chatterton ou de papier-cache à cette fin. Les fabricants offrent des rubans convenant à la plupart des types d'enveloppe. On peut demander des conseils au fabricant.

Sécurité en matière d'isolation

L'objectif premier de l'isolation des tuyaux est de réduire la perte de chaleur et par conséquent d'accroître l'efficacité du système solaire. Un autre objectif très important est d'assurer la protection contre les brûlures.

Il ne faut pas oublier que les systèmes de chauffage solaire peuvent produire de l'eau très chaude. De l'eau ou un autre fluide à une température très élevée circule, à l'occasion, dans le circuit entre le réservoir de stockage solaire et les capteurs. Selon l'agencement de la plomberie du système, de l'eau très chaude peut circuler du réservoir de stockage au robinet de réduction de la température, où elle est mélangée avec de l'eau froide.

Tous les tuyaux dont la température peut devenir très élevée doivent être isolés complètement. Les robinets et autres accessoires qui traversent l'isolant dans ces parties de la tuyauterie doivent aussi être couverts lorsqu'ils sont dans des zones où ils peuvent être touchés accidentellement.

2.E.8 Pompes

Les pompes destinées aux systèmes à vidange temporaire doivent avoir une assez grande capacité pour remplir efficacement le système et produire une circulation complète. Lorsque la pompe extrait le fluide d'un réservoir qui n'est pas sous pression, il faut tenir compte des exigneces concernant la hauteur d'aspiration de la pompe.

Les pompes utilisées pour faire circuler de l'eau potable ou de l'eau non traitée doivent être en bronze ou en acier inoxydable. Avec du glycol, il faut utiliser une pompe dont les dispositifs d'étanchéité et les joints sont faits de matériaux appropriés.

## 2.F MÉTHODES ET COMPROMIS TECHNIQUES CONCERNANT LES SYSTÈMES DE COMMANDE

Les commandes d'un système de chauffage solaire servent à régler les débits dans les divers circuits de façon à optimiser

l'efficacité. Une deuxième fonction tout aussi importante des commandes est d'assurer la protection des diverses composantes du système contre les effets nuisibles des températures extrêmes.

La logique de commande devrait être conçue pour exécuter ces fonctions de la façon la plus simple possible. Généralement, plus les commandes sont simples, plus grande est la possibilité qu'elles continuent de fonctionner adéquatement et qu'elles puissent être entretenues sur place.

L'aspect de sécurité intégrée des systèmes de commande est extrêmement important. Une fois qu'on a conçu un système de commande, il faut l'analyser soigneusement pour s'assurer qu'à la suite de défaillances de composantes simples un système à vidange temporaire ou à vidange permanente ne reste pas rempli de liquide à des températures inférieures au point de congélation. Dans le cas des systèmes à glycol, il faut s'assurer que le glycol à une température inférieure au point de congélation ne continue pas de circuler dans un échangeur thermique.

Après avoir vérifié l'aspect sécurité intégrée, il faut examiner le système pour s'assurer qu'en cas de défaillance du système de commande principal, le dispositif auxiliaire à sécurité intégrée ne continuera pas simplement à faire fonctionner le

système jusqu'à ce que le système de commande auxiliaire tombe aussi en panne, sans donner l'avertissement requis.

Fonctionnement des régulateurs différentiels et options offertes

Le concept des systèmes de commande pour systèmes de chauffage solaire a peu changé par rapport à celui des systèmes de commande mis au point pour les premières applications. La plupart des systèmes de chauffage solaire sont commandés par un thermorégulateur différentiel, dont le fonctionnement est basé sur la différence de température entre les capteurs solaires et l'unité de stockage. On a toutefois réalisé de grands progrès au plan de la fiabilité et de la maintenabilité des systèmes de commande.

Nombre de systèmes de commande maintenant offerts comprennent des ensembles pour diagnostics et certains comprennent des systèmes d'acquisition de données qui enregistrent automatiquement les températures critiques, les débits et les quantités d'énergie.

Bien que les plus perfectionnés de ces régulateurs conviennent seulement, en raison de leur coût, aux systèmes de chauffage solaire faits sur mesure, les régulateurs offerts pour les petits systèmes de chauffage solaire pré-fabriqués sont nettement supérieurs aux anciens modèles. On utilise actuellement

des détecteurs plus fiables, ce qui réduit les risques de défaillance des systèmes de commande, et d'autres dispositifs assurant par exemple la protection contre le gel et la protection contre les températures trop élevées sont disponibles.

Les régulateurs peuvent parfois être défectueux, mal situés, mal installés ou mal réglés. De telles conditions nuisent au bon fonctionnement du système solaire complet. Il est donc important de vérifier les régulateurs avant et pendant la mise en service des systèmes solaires.

L'expérience a démontré que les problèmes associés aux systèmes de commande sont l'une des principales causes du mauvais fonctionnement et du faible rendement du système solaire. Il vaut la peine d'accorder une plus grande auttention au choix, à l'installation, au montage, à la vérification et à l'entretien des systèmes de commande.

Le régulateur différentiel de base par tout ou rien comprend deux détecteurs de température. Le régulateur met le système en marche lorsque la différence entre la température des capteurs et la température de l'unité de stockage dépasse une valeur prédéterminée et il arrête le système lorsque cette différence de température devient inférieure à une valeur prédéterminée.

Le régulateur différentiel à débit proportionnel fonctionne sur le même principe de base, sauf qu'il peut faire varier la vitesse de la pompe. Cette action règle le débit de fluide dans les capteurs en fonction du rayonnement solaire disponible.

Le cycle de mise en marche et d'arrêt de la pompe est alors plus lent et l'efficacité de captage est accrue.

Le régulateur différentiel avec dispositifs de protection fonctionne comme le contrôleur différentiel à débit proportionnel par tout ou rien, mais il comprend en plus des détecteurs qui protègent le système contre le gel ou le surchauffage.

Certains régulateurs agissent comme des systèmes d'acquisition de données qui enregistrent d'autres informations servant à analyser le fonctionnement du système.

La fonction de commande d'un régulateur différentiel est réalisée suivant la séquence de base suivante:

1. La pompe est mise en marche lorsque la température des capteurs dépasse celle du réservoir de stockage par un nombre de degrés prédéterminé, habituellement 10 °C.

2. La pompe est arrêtée lorsque la différence entre la température des capteurs et celle de l'unité de stockage diminue jusqu'à une autre valeur prédéterminée, habituellement de 1 à 3 °C.

3. La plupart des régulateurs comprennent un "dispositif à sécurité intégrée" qui commande l'arrêt des pompes lorsqu'un fil de détecteur se brise. Si un système tombait en panne en condition "marche", il y aurait gaspillage d'énergie et éventuellement gel du système.

Les régulateurs peuvent comprendre en option:

1. un détecteur de protection contre le surchauffage placé dans le réservoir de stockage, qui commande l'arrêt des pompes lorsque la température du réservoir dépasse une valeur prédéterminée, de l'ordre de 70 °C, et

2. des détecteurs de protection contre le gel qui commandent l'arrêt de la pompe lorsque la température dans les conduits de retour descend au-dessus de 5 °C environ. Cette option prévient le gel des systèmes à vidange temporaire et, dans les systèmes à glycol, prévient le gel de l'eau dans le circuit de l'échangeur thermique.

Les pompes reliées à un circuit de circulation secondaire dans lequel de l'eau domestique ou sanitaire est chauffée en passant dans un échangeur thermique externe sont habituellement commandées par le même système de commande que les pompes des capteurs. Les pompes des capteurs et du circuit secondaire sont donc mises en marche ou arrêtées ensemble.

Les systèmes de commande doivent permettre un fonctionnement global simple et nécessitant peu d'interventions manuelles. Pour que les systèmes de commande puissent faire fonctionner les systèmes solaires de façon efficace, il faut que l'équipement mécanique ait été bien conçu et dimensionné.

## 2.G EXIGENCES RELATIVES À LA MISE EN SERVICE

On peut considérer que les exigences relatives à la mise en service portent sur deux aspects: le démarrage et la mise en service.

Le démarrage comprend une série d'essais et d'inspctions effectués par les installateurs du système, auxquels assiste un représentant du propriétaire du système. Ces essais et inspections sont effectués au cours de la construction et immédiatement après que celle-ci est terminée afin d'assurer que le système et ses composantes sont bien installés, qu'ils peuvent fonctionner à des niveaux donnés et qu'ils peuvent être mis en service.

La mise en service comprend un certain nombre d'essais discontinus. L'exécution et la réussite de ces essais nous assurent que le système installé est conforme aux spécifications de conception.

De nombreux systèmes de chauffage solaire basés sur des conceptions relativement solides n'ont jamais donné le rendement prévu. Dans de nombreux cas, le problème était dû à des lacunes au niveau de la mise en service du système au départ. La mise en service d'un système de chauffage solaire

est l'une des étapes les plus mal comprises et très souvent négligées dans toute l'industrie de la conception et de la construction de systèmes solaires. Récemment, on a commencé à reconnaître ce problème et on consacre maintenant beaucoup plus d'efforts pour s'assurer qu'un système de chauffage solaire fonctionne réellement comme prévu avant de le considérer comme achevé.

Une bonne mise en service d'un système de chauffage solaire n'assure pas seulement que le système fonctionne comme prévu lorsqu'il est achevé; elle permet également d'établir des repères auxquels les paramètres du système peuvent être comparés sur une longue période et ainsi d'assurer un bon fonctionnement du système.

Les activités de démarrage comprennent la série d'inspections et d'essais suivants:

1. Inspections de l'endroit

Les éléments suivants sont inspectés:

- capteurs,

- tuyauterie,

- isolant,

- unité de stockage thermique,

- circuits électriques.

Le but de ces inspections est d'assurer que tous les éléments:

- sont conformes aux spécifications des plans,

- sont conformes aux fiches techniques des fabricants,

- sont bien installés,

- peuvent fonctionner au niveau précisé,

- pourront ultérieurement être mis en service.

2. Vérification des propriétés du glycol

Cette vérification a pour but d'assurer que le fluide caloporteur:

- est du bon type et

- est adéquatement protégé contre le gel.

On effectue des essais pour déterminer l'alcalinité du glycol, le rapport des concentrations et le pH.

3. Essai du régulateur différentiel

Les trois essais suivants sont effectués afin de vérifier si le régulateur différentiel fonctionne bien:

- essai de fonctionnement à sécurité intégrée,

- réglage différentiel et

- essai de vidange temporaire (réalisé sur les systèmes dont la protection contre le gel est assurée par vidange temporaire).

4. Essais du moteur et de la pompe

Ces essais ont pour but de vérifier si la pompe est bien installée, si son arbre tourne dans le bon sens et si elle fonctionne conformément aux spécifications du fabricant.

5. Essai d'étanchéité

On effectue un essai de pression du système pour vérifier s'il y a des fuites. Il faut réparer les fuites et effectuer

l'essai de nouveau. Le système peut être mis à l'essai par sections à mesure que l'installation avance, mais lorsque possible il est préférable de faire un essai de pression final du système achevé.

6. Inspection visuelle finale

Pendant cette inspection finale, on vérifie le système pour s'assurer qu'on peut faire le démarrage sans danger. On effectue des vérifications pour s'assurer que le système est rempli de liquide (circuit fermé), que le fluide circule et que les soupapes à commande manuelle s'ouvrent de la façon prévue. On vérifie s'il y a fuite de vapeurs dans les capteurs, car ce phénomène influe sur le rendement du système.

7. Équilibrage de l'écoulement dans le circuit des capteurs

Cette opération comprend:

- la mesure du débit dans le circuit des capteurs,

- la mesure et l'équilibrage des débits dans un groupe, effectués directement ou basés sur la température, et

- l'ajustement des débits finals.

Les activités de mise en service comprennent les essais suivants:

1. Vérification de l'équilibre d'écoulement

On vérifie l'écoulement et le sens d'écoulement dans le circuit des capteurs. On mesure la puissance en chevaux vapeur de la pompe et la différence de pression. En se basant sur les valeurs obtenues et la courbe du fabricant concernant la pompe, on vérifie le débit. Une fois le système en marche, on mesure l'élévation de température dans chaque groupe de capteurs et au besoin on ajuste les débits dans les groupes.

2. Réglage de débit final

Une fois le débit des capteurs équilibré, on effectue un ajustement final du débit global. Une étiquette scellée portant une date est placée sur le robinet d'étranglement du système.

3. Efficacité de l'échangeur thermique

On vérifie l'échangeur thermique pour s'assurer qu'il est conforme aux spécifications. On mesure les températures et débits du côté primaire et du côté secondaire de l'échangeur thermique, puis on calcule l'efficacité.

## 4. Essai de performance thermique préliminaire

Cet essai permet de vérifier le fonctionnement du système dans l'ensemble et de comparer les résultats avec le rendement précisé par les fabricants des capteurs.

Les données suivantes sont enregistrées:

- températures extérieures ambiantes,

- température de retour dans les capteurs,

- température d'alimentation dans les capteurs et

- débit total dans le circuit des capteurs.

L'insolation est habituellement estimée plutôt que mesurée. À partir de la valeur obtenue, de la masse volumique et de la chaleur spécifique du fluide caloporteur, on peut calculer:

- le gain thermique par unité de surface de capteur et

- l'efficacité (que l'on peut ensuite comparer à la valeur précisée par le fabricant).

## 2.H CONTRÔLE OPÉRATIONNEL

L'objectif principal du contrôle opérationnel est de détecter toute diminution dans le rendement du système solaire. On effectue ce contrôle en comparant régulièrement certains indicateurs, par exemple les températures, les pressions et les temps de fonctionnement de la pompe, avec les valeurs précisées lors de la conception et de la mise en service. Lorsque les valeurs de ces indicateurs s'écartent de la plage de valeurs prévues à la conception, on peut déduire que le système présente un problème opérationnel. Il est important d'identifier le plus tôt possible les problèmes opérationnels ou les pannes de système afin de réduire les dommages causés au système et d'obtenir le maximum d'énergie du système solaire. La détection rapide des problèmes permet aussi d'accroître la durée de vie du système et de maintenir les coûts de fonctionnement et d'entretien le plus bas possible.

Des vérifications des valeurs données par les instruments et des vérifications du fonctionnement ou de l'état des composantes sont effectuées sur une base:

quotidienne,

mensuelle,

semestrielle ou annuelle.

Les inspections quotidiennes comprennent des vérifications visuelles:

- des pressions du système,

- du fonctionnement de la pompe en fonction des conditions météorologiques et des modes de commande,

- des températures du système en fonction des modes de commande,

- de l'état des dispositifs d'alarme du système,

- de la présence de fuites ou de l'ouverture des soupapes de décharge.

Ces inspections indiquent s'il existe ou non un problème de fonctionnement immédiat.

Les vérifications mensuelles comprennent un examen plus détaillé des éléments qui sont vérifiés quotidiennement. L'enregistrement des informations permet d'établir un dossier historique du rendement du système.

Les vérifications semestrielles comprennent un examen détaillé du système. On répète alors un grand nombre des essais requis à l'étape de démarrage et de mise en service.

Les vérifications semestrielles comprennent notamment:

- vérifications de la qualité du fluide;

- vérifications du système de commande pour assurer:
  - la sécurité des supports de détecteur et
  - l'étalonnage des détecteurs;

- vérification de l'état des filtres et des crépines;

- vérification du fonctionnement des soupapes;

- vérification du niveau du fluide dans le bac d'expansion et

- essai d'efficacité de l'échangeur thermique.

Lors de la conception du système, il faut prévoir un ensemble d'instruments suffisant pour la réalisation des vérifications quotidiennes et mensuelles. Un ensemble type comprendrait:

- un manomètre pour chaque pompe permettant de mesurer de façon sélective la pression d'entrée et la pression de sortie,
- un compteur de temps de fonctionnement et un compteur d'événements placés sur la pompe des capteurs et
- des thermomètres mesurant les températures clés du système, notamment les températures d'alimentation et de retour des capteurs ainsi que la température de stockage.

## Utilisation du système solaire

Une fois qu'on a conçu un système solaire, qu'on l'a fabriqué et mis en service, il faut en assurer l'entretien. On accorde maintenant beaucoup plus d'importance à la qualité d'une bonne documentation des systèmes et à la préparation des manuels d'utilisation.

Les manuels sont essentiels à une bonne utilisation de tout système mécanique. Ils doivent expliquer clairement le fonctionnement du système, contenir les listes de vérifications opérationnelles nécessaires et décrire de façon détaillée les méthodes de recherche de défaillances à appliquer en cas de défectuosité réelle ou supposée. Ces exigences sont en réalité les mêmes que pour tout autre système mécanique complexe, mais elles ont souvent été ignorées dans l'industrie solaire.

Autrefois, on laissait généralement au contractant qui fabriquait le système le soin de préparer les manuels. La participation de l'architecte-conseil à cette tâche était plus ou moins importante. Pour un grand nombre de systèmes solaires, les manuels d'utilisation sont simplement un ensemble de brochures relatives aux diverses composantes. Bien que les informations contenues dans ces brochures soient importantes, elles ne constituent qu'une faible partie d'un manuel d'utilisation.

Des améliorations importantes ont été apportées récemment aux manuels d'utilisation, surtout grâce aux efforts des divers organismes de financement. Par exemple, la documentation relative aux systèmes solaires qui sont maintenant fabriqués dans le cadre du programme fédéral d'AUES doit comprendre des manuels pour la mise en service, l'utilisation et la recherche de défaillances pour que leur financement soit approuvé.

## RÉSUMÉ - Section 2

Pour donner aux conceptions un aspect pratique, il faut être familier avec les systèmes solaires. Autrement dit, il faut savoir profiter de l'expérience acquise dans la résolution des problèmes associés aux installations solaires. De cette façon, les méthodes éprouvées n'ont pas à être mises à l'essai de nouveau lorsqu'elles n'ont pas donné de bons résultats la première fois. Un programme de contrôle permet souvent d'obtenir des données réellement utiles ou précises concernant les systèmes solaires.

La liste de contrôle suivante permettra au concepteur d'obtenir certains éléments importants.

Mesure précise de la charge (instruments, consommation antérieure)

Choix du type de système

- convenant le mieux à la situation
- climat
- complexité
- fiabilité.

Type d'installation (mur, sol, toit)

Méthode d'installation (capteurs fixés directement au toit ou surélevés)

Considérations relatives aux capteurs surélevés

- valeurs théoriques (charges dues au vent et à la neige)
- réparation et renforcement du toit
- supports dispendieux s'appuyant sur les murs ou les colonnes
- conception de supports, pénétrations dans le toit

Exigences relatives à la pente des tuyaux

Choix des composantes

- échangeurs thermiques: dimension, type, coûts
- tuyauterie: quantité, dimension, catégories de coûts, raccords de tuyaux, pentes requises, liquides caloporteurs, expansion thermique, soupapes, dispositifs de sécurité et dispositifs de commande, étriers pour tuyaux, aspect esthétique
- matériaux isolants: épaisseur, résistance aux intempéries, caractéristiques de résistance au feu

Systèmes de commande

- protection offerte
- simplicité
- fiabilité

Mise en service

- exigences
- documents relatifs à la mise en service

Contrôle opérationnel

- éléments à considérer
- documents disponibles

ANNEXE A

| Produit | Marque | Fournisseur |
|---|---|---|
| Isolants | | |
| Fibre de verre | Micro-Lok 650 | Johns-Manville |
| | Fiberglass ASJ | Fiberglass Canada |
| Uréthane ou mousse d'isocyanurate | Solar-7 | Petro-Sun Inc. Montréal, Mississauga |
| Élastomériques | Armaflex | Armstrong |
| | Rubaflex | |
| Polyéthylène | Therma-cell | Nomaco Inc. |
| Enveloppes d'isolation | | |
| Aluminium | | General Aluminium Supply Corporation |
| Isogenepak, PVC | | Isul-Coustics Montréal, Ottawa |

| | | |
|---|---|---|
| Accessoires d'enveloppes d'isolation | | |
| Bandes d'aluminium ou d'acier inoxydable | | Insul-Coustics Montréal, Ottawa |
| Ruban de PVC | | Insul-Coustics<br>Petro-Sun Inc. |
| Raccordements d'expansion Soufflets d'expansion en acier inoxydable | | Hydro Flex Inc. Hamilton |
| Tuyaux souples | EPDM<br>silicone | |
| Joints Victaulic | Victaulic 75<br>77 | Craine Canada Ltd. |

| Produit | Marque | Fournisseur |
|---|---|---|
| Fluides caloporteurs Ethylène ou propylène glycol | | Dow Chemicals<br>Union Carbide Corp. |

Échangeurs thermiques

| | | |
|---|---|---|
| A tubes sous enveloppe | | American Standard |
| A plaques | | Alpha Laval |
| | | Tranter Canada |
| A tubes | | Darling Duo. |

Régulateur différentiel

| | | |
|---|---|---|
| Paget | CM 100 | Paget Electronic Ltd<br>Carleton Place (Ont.) |
| Delta-T | DTT-400 | Heliotrope General<br>Spring Valley (Cal.) |
| Independant Energy | C-30 | Independant Energy Inc.<br>East Greenway (RI) |
| Solar Systems | DT-11H | Solarsystems Industries<br>Ltd.<br>Richmond (C.-B.) |

Systèmes de support

en métal

Unistrut

GTE Unistrut

POOR

QUALITY

ORIGINAL